

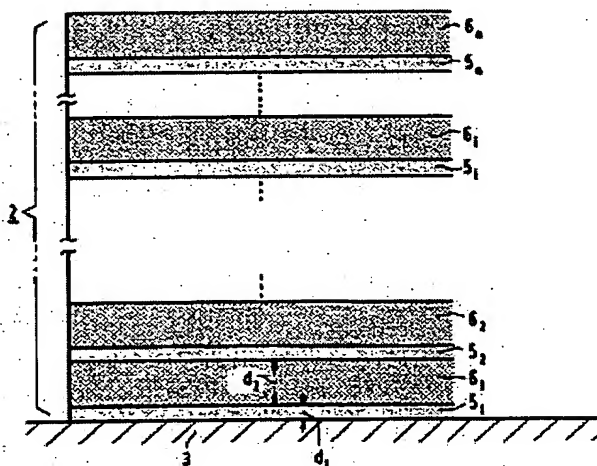
Ferromagnetic multilayer film with uniaxial magnetic anisotropy - has nickel iron alloy layer and a second ferromagnetic layer contg. carbon or nitrogen on substrate

Patent number: DE4004540
Publication date: 1991-08-22
Inventor: BARTSCH WOLFGANG (DE); STEPHANI DIETRICH DR (DE)
Applicant: SIEMENS AG (DE)
Classification:
 - international: H01F1/047; H01F10/14; H01F41/14
 - european: G11B5/66; H01F10/32; H01F41/20; H01F41/30D
Application number: DE19904004540 19900214
Priority number(s): DE19904004540 19900214

Report a data error here

Abstract of DE4004540

A ferromagnetic multi-layer film (I) with uniaxial magnetic anisotropy, high magnetic saturation induction (B_s) and low magnetostriction (λ) comprises a thin layer of an NiFe-alloy and a second thin layer of a ferromagnetic material (II) on a substrate. (II) is predominantly made up of Fe with a predetermined amt. of an additive (III). The novelty is that (III) is carbon or nitrogen, present in an amt. of 0.01-1.5 wt. %. Prepn. of (I) is also claimed, in which the uniaxial magnetic anisotropy is impressed using a magnetic constant field (B). The first layer (5_i) is an NiFe-alloy contg. 5-20, esp. 15.5 wt. Fe and is of thickness (d_1) of 5-50nm. The second layer (6_i) has a thickness (d_2) and is of the same size as (d_1). Ratio V of $d_2:d_1$ is $V = 2-6$. The multi-layer film is deposited on the substrate and the substrate contains TiC. USE - (I) are used in magnetic heads.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

REST AVAILABLE COPY



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 40 04 540 A 1

⑤1 Int. Cl.⁵:
H 01 F 10/14
H 01 F 41/14
H 01 F 1/047
// G11B 5/708,5/716

②1 Aktenzeichen: P 40 04 540.4
②2 Anmeldetag: 14. 2. 90
④3 Offenlegungstag: 22. 8. 91

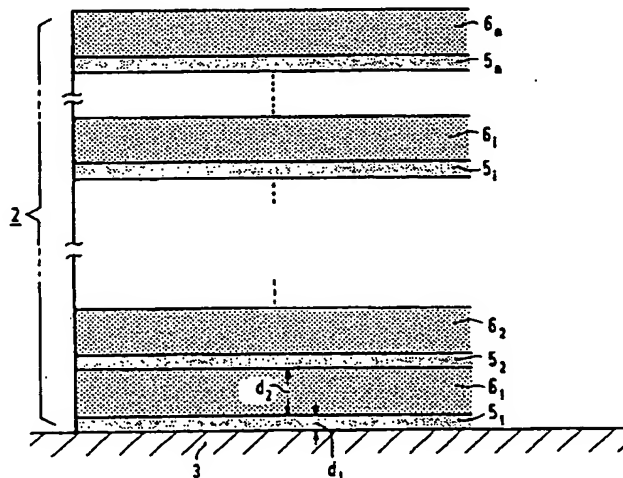
DE 40 04 540 A 1

⑦1 Anmelder:
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

⑦2 Erfinder:
Bartsch, Wolfgang, 8520 Erlangen, DE; Stephani,
Dietrich, Dr., 8526 Bubenreuth, DE

⑤4 Ferromagnetischer Vielschichtfilm mit uniaxialer magnetischer Anisotropie sowie Verfahren zu dessen Herstellung

⑤7 Der ferromagnetische Vielschichtfilm mit uniaxialer magnetischer Anisotropie, mit hoher magnetischer Sättigungsinduktion (B_s) sowie mit niedriger Magnetostriktion (λ_s) enthält alternierend dünne erste Schichten (5_i) aus einer NiFe-Legierung und dünne zweite Schichten (6_i) aus einem weiteren ferromagnetischen Material, das im wesentlichen Fe mit einem vorbestimmten Anteil einer Zusatzkomponente ist. Dieser Film soll eine äußerst kleine Koerzitivfeldstärke in magnetisch harter Richtung bei gleichzeitig geringer Koerzitivfeldstärke in leichter Richtung besitzen. Hierzu ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß die Zusatzkomponente des Fe-Materials der zweiten Schichten (6_i) Kohlenstoff (C) oder Stickstoff (N) ist, das in den zweiten Schichten jeweils mit einem Anteil zwischen 0,01 Gew.-% und 1,5 Gew.-% vorhanden ist.



DE 40 04 540 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf einen ferromagnetischen Vielschichtfilm mit uniaxialer magnetischer Anisotropie, mit hoher magnetischer Sättigungsinduktion sowie mit niedriger Magnetostraktion, der als Mehrlagensystem alternierend aus dünnen ersten Schichten aus einer Nickel-Eisen-Legierung (NiFe-Legierung) und dünnen zweiten Schichten aus einem weiteren ferromagnetischen Material auf einem Substrat aufgebaut ist, wobei als Material der zweiten Schichten im wesentlichen Eisen (Fe) mit einem vorbestimmten Anteil einer Zusatzkomponente vorgesehen ist. Ein derartiger Vielschichtfilm ist z. B. aus "J. Appl. Phys.", Vol. 64, No. 6, Sept. 1988, Seiten 3157 bis 3162 bekannt. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Vielschichtfilms.

Das Prinzip einer longitudinalen (horizontalen) oder senkrechten (vertikalen) Magnetisierung zur Speicherung von Daten in entsprechenden, beispielsweise platten- oder bandförmigen Aufzeichnungsmedien ist allgemein bekannt. Für diese Magnetisierungsarten zu verwendende magnetische Aktoren oder Sensoren wie z. B. Magnetköpfe weisen zur Führung der magnetischen Flüsse jeweils einen Leitkörper mit vorbestimmter Gestalt aus magnetisierbarem Material auf, der vorzugsweise in Dünnschicht-Technik erstellt wird. Die magnetischen Leitkörper der insbesondere für das vertikale Magnetisierungsprinzip zu verwendenden Magnetköpfe können dabei nach Art eines Ringkopfes oder als sogenannter Einzelpol-Kopf ausgeführt sein. Ihre Polschenkel bestehen im allgemeinen aus hochpermeablen Materialien wie z. B. aus speziellen NiFe-Legierungen, z. B. aus "Permalloy". Typische Sättigungsmagnetisierungen (d. h. Sättigungsinduktionen bzw. -flußdichten B_s) dieser Materialien mit einem Fe-Anteil von etwa 19 Gew.-% liegen in der Größenordnung von 1 Tesla (T) oder darunter. Vielfach werden die Polschenkel auch zusätzlich mittels dielektrischer Zwischenschichten, beispielsweise aus SiO_2 oder Al_2O_3 , lamelliert ausgebildet, um so Wirbelstromverluste in dem magnetischen Leitkörper zu minimieren. Die magnetischen Einzelschichten dieser Polschenkel können dabei so präpariert sein, daß sie eine uniaxiale magnetische Anisotropie aufweisen, wobei die magnetische Vorzugsachse, die sogenannte leichte Achse der Magnetisierung, im wesentlichen senkrecht zur Führungsrichtung des jeweiligen magnetischen Flusses ausgerichtet ist.

Materialien für Magnetköpfe, mit denen insbesondere eine Schreib-/Lesefunktion nach dem Prinzip einer senkrechten Magnetisierung auszuüben ist, sollten eine ausgeprägte magnetische Anisotropie bei gleichzeitig sehr niedriger Koerzitivfeldstärke H_{ch} in Richtung der sogenannten schweren Achse der Magnetisierung (harte Richtung) aufweisen. Insbesondere werden Werte für diese Koerzitivfeldstärke H_{ch} angestrebt, die sehr viel kleiner als 0,5 A/cm sind. Außerdem wird von geeigneten Materialien auch eine möglichst geringe Magnetostraktion λ_s gefordert, um so den Einfluß von sich während des Betriebs ausbildenden unerwünschten Domänen auf die Schreib-/Lese-Empfindlichkeit der Köpfe zu unterdrücken. Man ist somit bestrebt, Materialien mit möglichst hoher Sättigungsinduktion B_s bei gleichzeitig hoher relativer Permeabilität μ , mit niedriger Koerzitivfeldstärke H_{ce} in leichter Richtung und mit geringer Magnetostraktion λ_s einzusetzen, um damit eine Verbesserung des Feldes im Schreibfall und der Empfindlichkeit im Lesefall erreichen zu können.

Unter diesen Gesichtspunkten sind als Mehrlagensysteme ausgebildete vielschichtige ferromagnetische Filme entwickelt worden.

So ist z. B. der eingangs genannten Veröffentlichung "J. Appl. Phys." ein Mehrlagensystem eines Vielschichtfilmes mit einem Null-Wert der Magnetostraktion λ_s zu entnehmen. Bei diesem Mehrlagensystem bestehen die ersten Schichten aus "Permalloy" (NiFe-Legierung mit 19 Gew.-% Fe). Zwischen diesen ersten Schichten befinden sich Schichten aus einer Fe-C-Legierung. Dieses Mehrlagensystem wird auf einem Glassubstrat dadurch erstellt, daß man mittels einer Ionenstrahl-Kanone abwechselnd ein Target aus der NiFe-Legierung und ein Fe-Target mit einem angesetzten Plättchen aus Kohlenstoff (C) abspultert. Bei diesem Aufbau zeigt sich jedoch, daß mit einer C-Konzentration von etwa 10 Gew.-% in den Fe-C-Schichten, die für einen Null-Wert der Magnetostraktion λ_s für erforderlich gehalten werden, ein unerwünscht hoher Wert der Koerzitivfeldstärke H_{ch} in harter Richtung von über 0,5 A/cm verbunden ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, den Vielschichtfilm mit den eingangs genannten Merkmalen dahingehend auszugestalten, daß er eine höhere Sättigungsinduktion B_s als die des verwendeten NiFe-Materials bei gleichzeitig äußerst geringer Magnetostraktion λ_s mit einem Betrag von unter 10^{-6} aufweist. Außerdem soll die relative Permeabilität μ des Vielschichtfilmes möglichst hoch sein und insbesondere über 1000 liegen können. Ferner soll der Vielschichtfilm eine hinreichende magnetische Anisotropie (Anisotropiefeldstärke H_k) bei äußerst kleiner Koerzitivfeldstärke H_{ch} in harter Richtung und hinreichend geringer Koerzitivfeldstärke H_{ce} in leichter Richtung besitzen, um so eine Verwendung in Magnetköpfen zu ermöglichen.

Diese Aufgabe läßt sich erfindungsgemäß dadurch lösen, daß die Zusatzkomponente des Fe-Materials der zweiten Schichten Kohlenstoff (C) oder Stickstoff (N) ist, das in den zweiten Schichten jeweils mit einem Anteil zwischen 0,01 Gew.-% und 1,5 Gew.-% vorhanden ist.

Zwar ist aus "Appl. Phys. Lett.", Vol. 20, No. 12, Juni 1972, Seiten 492 bis 494 prinzipiell bekannt, daß man durch eine Stickstoff-Zugabe zu reinem Fe verhältnismäßig hohe Werte der magnetischen Sättigungsinduktion erhalten kann. Gemäß dem dort beschriebenen Verfahren muß zunächst ein zu beschichtendes Glassubstrat bei 400°C für 1 Stunde ausgeheizt werden, bevor auf ihm eine einzige Fe-Schicht mit einer Schichtdicke von 50 nm durch Aufdampfen abgeschieden wird. Eine derartige Vorbehandlung des Substrates ist für ein Abscheiden des erfindungsgemäßen Vielschichtfilmes nicht erforderlich. Das Aufdampfen soll bei dem bekannten Verfahren in einer N_2 -Atmosphäre geschehen. Aus diesem Grund enthält die auf dem Substrat abgeschiedene Fe-Schicht als Bestandteil Fe_{16}N_2 . Dieser Bestandteil mit verhältnismäßig hohem N-Gehalt ist jedoch nicht stabil.

Auch aus "IEEE Trans. Magn.", Vol. 24, No. 6, Nov. 1988, Seiten 3081 bis 3083 ist zu entnehmen, daß mittels Ionenstrahlspulterns hergestellte Fe-Schichten bei einer N_2 -Dotierung höhere Werte der magnetischen Sättigungsinduktion und eine geringere Magnetostraktion zeigen als entsprechende Schichten aus reinem Fe. Bei diesem bekannten Verfahren wird auf einem Si- oder Glassubstrat ebenfalls nur eine einzige Fe-Schicht mit einer Schichtdicke von 300 nm abgeschieden. Für den Sputterprozeß in einem Ar/N_2 -Gasgemisch ist eine sau-

bere Ionenquelle vorauszusetzen. Die dann erhaltenen Schichten sind jedoch ausgeprägt isotrop. Außerdem wird im Hinblick auf eine minimale Magnetostraktion ein Wert von über 5 Atom-% des Stickstoffgehaltes für erforderlich angesehen.

Demgegenüber wird bei der Erfindung von der Erkenntnis ausgegangen, daß bei einem Vielschichtaufbau aus sehr dünnen Schichten wesentlich geringere Werte des Stickstoffgehaltes ausreichen, um die genannten Forderungen insgesamt erfüllen zu können. Da insbesondere der erfindungsgemäße Vielschichtfilm eine hohe magnetische Anisotropie aufweist, kann er vorteilhaft zur Herstellung von Magnetköpfen für Datenspeichieranlagen verwendet werden, bei denen eine derartige Anisotropie gefordert wird. Daneben läßt sich dieser Vielschichtfilm auch für Aufzeichnungsmedien solcher Anlagen als ferromagnetische Unterschicht unter einer (um) magnetisierbaren Speicherschicht vorsehen. Derartige Unterschichten werden auch als "Keeper" bezeichnet.

Ein Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Vielschichtfilmes ist dadurch gekennzeichnet, daß die uniaxiale magnetische Anisotropie mittels eines magnetischen Gleichfeldes eingepreßt wird. Da hierzu vorteilhaft keine hohen Magnetfeldstärken erforderlich sind, kann gegebenenfalls sogar das magnetische Erdfeld ausreichen, um die geforderte Anisotropie zu erzeugen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Vielschichtfilmes bzw. des Verfahrens zu dessen Herstellung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird nachfolgend auf die Zeichnung Bezug genommen, in deren Fig. 1 schematisch ein Längsschnitt durch den Aufbau eines erfindungsgemäßen Vielschichtfilmes veranschaulicht ist. Fig. 2 zeigt eine Vorrichtung zur Herstellung eines derartigen Vielschichtfilmes.

Der in Fig. 1 als Schnitt dargestellte, allgemein mit 2 bezeichnete ferromagnetische Vielschichtfilm ist auf einem nichtmagnetischen Substrat 3 beispielsweise eines Magnetkopfes oder eines Aufzeichnungsmediums ausgebildet. Bei diesem Film kann es sich insbesondere um den Magnetschenkel eines Magnetkopfes handeln, mit dem eine Schreib- und Lesefunktion nach dem senkrechten (vertikalen) Magnetisierungsprinzip auszuüben ist. Die Herstellung von Dünnschicht-Magnetköpfen erfolgt im allgemeinen auf speziellen Substraten 3 unter Einsatz von Fotolithographie-, Naß- und Trockenätzverfahren zur Strukturübertragung sowie insbesondere durch Sputterverfahren zur Filmerzeugung. Vorteilhaft werden Substrate 3 aus einer TiC-Keramik vorgesehen, die insbesondere einen vorbestimmten Anteil von z. B. 30% Al_2O_3 enthält. Der Film 2 ist erfindungsgemäß sandwichartig als Mehrlagensystem mit hinreichender magnetischer Anisotropie in der Schichtebene ausgebildet. Hierzu weist dieses System mehrere, vorzugsweise mindestens vier, vorteilhaft über zehn dünne Schichten aus einer NiFe-Legierung auf. Die einzelnen dieser als erste Schichten bezeichneten Schichten sind in der Figur mit 5_i bezeichnet (mit $2 \leq i \leq n$), wobei n die Anzahl der Schichten ist. Die Legierung dieser Schichten 5_i kann gegebenenfalls neben ihren Komponenten Ni und Fe noch metallische oder nicht-metallische Verunreinigungen oder sonstige Zusätze bis zu einem maximalen Anteil von 5 Gew.-% enthalten. Der Fe-Anteil dieser Legierung soll dabei vorteilhaft zwischen 5 und 20 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 10 und 18 Gew.-%, insbesondere bei etwa 15,5 Gew.-% liegen. Den Rest

macht dabei zumindest weitgehend die Ni-Komponente aus. Bei einer derartigen Zusammensetzung ist die Magnetostraktion λ_s negativ und beträgt bei einem Fe-Anteil von ungefähr 15,5 Gew.-% etwa $-7,1 \cdot 10^{-6}$. Jede einzelne dieser Schichten 5_i hat dabei eine Dicke d_1 , die im allgemeinen zwischen 0,5 nm und 50 nm liegt.

Die ersten Schichten 5_i sind untereinander jeweils durch dünne Zwischenschichten beabstandet. Die Anzahl dieser nachfolgend als zweite Schichten 6_i bezeichneten Zwischenschichten einschließlich einer äußersten, die äußerste erste Schicht 5_n abdeckenden zweiten Schicht 6_n ist somit ebenfalls n . Gegebenenfalls kann die äußerste Schicht 6_n auch weggelassen werden. Es ergibt sich so ein Aufbau des Films 2 aus alternierenden Schichten 5_i und 6_i . Jede dieser zweiten Schichten 6_i soll dabei eine Dicke d_2 haben, die mindestens so groß ist wie die Dicke d_1 der jeweils benachbarten ersten Schicht 5_i . Vorteilhaft wird ein Verhältnis $V = d_2/d_1$ der Schichtdicken d_2 und d_1 gewählt, das zwischen 1 : 1 und 10 : 1, vorzugsweise zwischen 2 : 1 und 6 : 1, insbesondere bei etwa 4 : 1 liegt. Die Schichtdicke d_2 sollte dabei im allgemeinen einen Wert zwischen 5 nm und 50 nm, vorzugsweise zwischen 7 nm und 20 nm, insbesondere bei etwa 12 nm haben. Durch einen derartigen Aufbau des Films 2 als Mehrlagensystem aus sehr dünnen Schichten wird insbesondere auch die gewünschte magnetische Anisotropie des Films gefördert.

Erfindungsgemäß sollen die zweiten Schichten 6_i zumindest im wesentlichen aus Eisen (Fe) bestehen, dem Kohlenstoff (C) oder Stickstoff (N) mit einem Anteil zwischen 0,01 Gew.-% und 1,5 Gew.-% zugesetzt ist. Es hat sich nämlich gezeigt, daß ein Vielschichtfilm mit derartigen zweiten Schichten bei Wahl der vorstehend genannten Schichtdicken neben einer sehr großen magnetischen Sättigungsinduktion B_s von beispielsweise 2 Tesla auch eine verschwindend geringe Magnetostraktion λ_s mit beispielsweise einem Betrag $|\lambda_s| < 5 \cdot 10^{-7}$ aufweist. Zwar haben auch die Schichten 6_i jeweils für sich allein eine negative Magnetostraktion in der Größenordnung der jeweils benachbarten NiFe-Schichten 5_i . Es zeigt sich aber, daß sich durch das Herstellungsverfahren bedingt an den Grenzflächen zwischen jeweils benachbarten Schichten 5_i und 6_i sogenannte Intermixing-Schichten oder -Zonen von etwa 0,5 nm bis 2 nm Dicke ausbilden. In diesen Intermixing-Zonen variieren die Anteile an Fe und Ni sehr stark. Die Folge davon ist, daß diese Zonen einen sehr großen positiven Wert der Magnetostraktion, beispielsweise von etwa $+20 \cdot 10^{-6}$ besitzen. Betrachtet man nun die gemittelte Magnetostraktion von zwei benachbarten Schichten 5_i und 6_i unter Berücksichtigung ihrer gemeinsamen Intermixing-Zone, so zeigt sich, daß sich der positive und die negativen Werte der Magnetostraktion zumindest weitgehend zu dem vorstehend genannten Minimalwert kompensieren. D. h., es ist ein über den Vielschichtfilm gemittelter Wert der Magnetostraktion λ_s erreichbar, der vorteilhaft sehr klein ist, obwohl die einzelnen betrachteten Schichten dieses Films deutliche negative Werte besitzen. Außerdem zeigt ein solcher Vielschichtfilm vorteilhaft auch eine niedrige Koerzitivfeldstärke H_{ch} von weniger als 100 A/m in der harten Richtung. Dem Vielschichtfilm ist darüber hinaus eine uniaxiale magnetische Anisotropie eingepreßt, wobei die Anisotropiefeldstärke H_k Werte erreichen kann, die deutlich unter 1000 A/m liegen. Vorteilhaft lassen sich ohne weiteres Anisotropiefeldstärken H_k zwischen 300 und 500 A/m erreichen. Wegen der gegenseitigen physikalischen Beziehung zwischen Permeabilität μ , Sättigungsinduktion

*B_z und Anisotropiefeldstärke H_k liegt dann die Permeabilität μ des Vielschichtfilms 2 im Bereich zwischen 500 und 3000.

Gegebenenfalls kann die Hauptkomponente Fe des Materials der Schichten 6_i außer der erfindungsgemäßen Zusatzkomponente N oder C noch andere metallische oder nicht-metallische Verunreinigungen oder sonstige Zusätze bis zu einem maximalen Anteil von 5 Gew.-% enthalten.

Die Schichten 5_i und 6_i des erfindungsgemäßen Vielschichtfilms 2 werden vorteilhaft mittels einer physikalischen Abscheidetechnik auf mindestens einem Substrat 3 aufgebracht. Als Abscheidetechnik ist dabei besonders ein Sputtern oder eine Ionenstrahldeposition oder ein Aufdampfen geeignet. Eine Vorrichtung zu einer Herstellung mindestens eines Vielschichtfilms durch Rf-Bias-Sputtern ist in Fig. 2 im Schnitt schematisch veranschaulicht. Beim Aufbau dieser allgemein mit 8 bezeichneten Vorrichtung kann von bekannten Ausführungsformen ausgegangen werden (vgl. z. B. DE-OS 36 03 726). Die Vorrichtung enthält eine Vakuumkammer 10, deren Innenraum 11 über eine im Boden der Kammer vorgesehene Öffnung 12 an eine nicht näher ausgeführte Hochvakuumpumpe 13 angeschlossen ist. Die Öffnung 12 ist mittels eines Hochvakuumventils 14 zu verschließen. Zur Vorevakuiierung der Hochvakuumpumpe 13 dient eine Pumpe 15, die mit Hilfe eines Zweigweigeventils 16 auch an den Innenraum 11 der Kammer angeschlossen werden kann.

In einem Deckelteil 10a der Vakuumkammer 10 sind zwei Kathoden 17 und 17' so ortsfest eingelassen, daß zwischen ihnen eine mittlere Entfernung e besteht. Diese beiden Kathoden sind gegenüber dem Deckelteil 10a und damit gegenüber der Vakuumkammer 10 mittels Isolatoren 18 bzw. 18' elektrisch isoliert und mittels Dichtungen 19 bzw. 19' hochvakuumfest abgedichtet. Beide Kathoden weisen Rohrleitungen 20 bzw. 20' auf, durch die ein sie kühlendes Medium wie z. B. Wasser hindurchströmen kann.

Im Innenraum 11 der Kammer 10 sind mindestens zwei Targets T und T' aus Fe bzw. der gewählten NiFe-Legierung elektrisch leitend an den Kathoden 17 bzw. 17' befestigt. Die beiden Targets sind seitlich jeweils über eine mit dem Deckelteil 10a verbundene Dunkelraumabschirmung 21 bzw. 21' abgeschirmt. Unterhalb der Targets T, T' befindet sich eine Halterung 23, die um eine Achse A drehbeweglich ausgebildet ist. Die Halterung beschreibt beim Drehen einen Kreisbogen mit vorbestimmtem mittleren Radius R. An der Halterung sind mehrere, beispielsweise diametral zwei Substrate 3 und 3' in einem vorbestimmten Abstand a von der Ebene der Targets T, T' so befestigt, daß sie beim Drehen auf dem Kreisbogen geführt werden. Die Drehgeschwindigkeit liegt typischerweise zwischen 0,2 und 5 Umdrehungen pro Minute, vorzugsweise zwischen 0,25 und einer Umdrehung pro Minute, insbesondere bei 0,5 Umdrehungen pro Minute. Der Radius R der Halterung 23 ist dabei so gewählt, daß die Substrate 3 und 3' genau unterhalb der Targets T und T' zu positionieren sind. D. h., es gilt dann annähernd: $2 \cdot R = e$. Der Radius R beträgt z. B. etwa 20 cm. Die Substrate 3 und 3' bewegen sich also mit entsprechender Geschwindigkeit nacheinander unter den beiden Targets T und T' hinweg. Auf die mit den Kathoden 17 und 17' elektrisch leitend verbundenen Targets T und T' ist ein kapazitiv gekoppeltes Hochfrequenz(Rf)-Potential aufgeteilt, während sich die Halterung 23 mit den beiden Substraten 3 und 3' im allgemeinen auf einem dem ausgebildeten Plasma ge-

genüber negativen (Bias)-Potential befindet. Die erforderliche Sputterleistung wird einer als HF-Sender ausgebildeten Spannungsversorgung 25 entnommen und über ein Anpassungsnetzwerk 26 auf die Targets aufgeteilt. Die sich so zwischen den Targets T und T' und den Substraten 3 und 3' ergebenden Targetspannungen sind mit -U bzw. -U' bezeichnet. Ihre Größe und ihr Verhältnis zueinander beeinflussen die zu erzeugenden Schichtdicken auf den Substraten. Beispielsweise liegen an den Targets T (Fe) und T' (NiFe) negative Spannungen -U von etwa -2000 bis -1600 V und -U' von etwa -600 bis -900 V an. Diese Spannungen können auch, abweichend von dem dargestellten Ausführungsbeispiel, mit Hilfe von zwei getrennten Rf-Sendern erzeugt werden. Die mit -U_B bezeichnete negative Bias-Spannung zwischen dem normalerweise auf Erdpotential befindlichen Vakuumgehäuse 10 und der Substrathalterung 23 bewirkt einen Ionenbeschuß der Substrate während des Sputterprozesses und dient auch zur Ablösung lose gebundener Verunreinigungen sowie zur Modifizierung der Struktur der abzuschheidenden Schichten. Beispielsweise kann die Bias-Spannung-U_B zwischen -10 V und -120 V, vorzugsweise zwischen -30 V und -60 V liegen und insbesondere -40 V betragen.

Dem Innenraum 11 der Vakuumkammer 10 wird ferner an einem Gaseinlaß 28 Argon (Ar) als Sputtergas zugeführt. Da gemäß der Erfindung die abzuschcheidenden Fe-Schichten als Zusatzkomponente C oder N enthalten sollen, ist eine Zumischung dieser Stoffe zu dem Ar vorgesehen. Beispielsweise kann das C in Form von Kohlenmonoxid (CO) oder Methan (CH₄) zugemischt werden. Vorzugsweise wird jedoch N₂ angeboten. Beispielsweise beträgt die Zumischung von N₂ zum Ar beim Sputtern bis zu 10% des Gasflusses; sie liegt vorzugsweise zwischen 0,5 und 4% und insbesondere bei 2,5%. In dem Innenraum 11 der Vakuumkammer 10 wird dann ein Enddruck p eingestellt, der vorteilhaft zwischen 0,4 Pa und 2,7 Pa, vorzugsweise zwischen 0,8 Pa und 2,1 Pa, insbesondere bei etwa 1,6 Pa liegt.

Außerdem kann vorteilhaft eine Erwärmung der Substrate 3 und 3' auf eine vorbestimmte Temperatur vorgesehen werden. Dabei hat sich als günstig erwiesen, wenn die Substrate auf einer Temperatur zwischen 40°C und 200°C, vorzugsweise zwischen 80°C und 140°C, insbesondere von etwa 110°C gehalten werden. Eine entsprechende Temperaturbehandlung kann zum Beispiel während der Abscheidung der einzelnen Schichten erfolgen. Hierzu lassen sich im Innenraum 11 der Kammer 10 besondere, in der Figur nicht dargestellte Heizvorrichtungen wie Quarzstrahler verwenden. Diese Strahler sind an der Umlaufbahn der Substrate außerhalb der Sputterzonen um z. B. 90° gegenüber den Targets versetzt und beispielsweise oberhalb von den Substraten angeordnet. Gegebenenfalls können auch Heizvorrichtungen in die Halterung 23 integriert werden. Ferner ist es möglich, die Substrate in einer in der Figur nicht dargestellten Schleuse mittels mindestens eines Quarzstrahlers vorzuheizen. Nach Einbau der Substrate in die Halterung halten diese dann in etwa die vorgegebene Temperatur, da sie beim Sputtern im Plasma permanent nachgeheizt werden.

Die uniaxiale magnetische Anisotropie des erfindungsgemäßen Vielschichtfilms wird mittels eines magnetischen Gleichfeldes in einer vorbestimmten Achsrichtung eingeprägt. Das hierzu erforderliche Gleichfeld braucht vorteilhaft nur eine sehr geringe magnetische Induktion B am Ort der Substrate 3 und 3' zu erzeugen, so daß gegebenenfalls sogar das magnetische

Erdfeld ausreicht. Sollen Gleichfelder mit höherer magnetischer Induktion, insbesondere bis etwa 1 Tesla erzeugt werden, so können hierzu entsprechende externe Magneteneinrichtung wie z. B. Permanentmagnete oder Elektromagnete verwendet werden. Bei dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel sind zwei Magneteneinrichtungen 30 und 30' mit Permanentmagneten aus hartmagnetischem Material vorgesehen, die beispielsweise gemäß der DE-OS 36 03 726 ausgestaltet sein können. Dementsprechend enthält jede Magneteneinrichtung zwei seitlich von dem jeweiligen Substrat angeordnete Stabmagnete 30a und 30b, die über weichmagnetische Joche verbunden sind (vgl. die DE-OS, insbesondere Fig. 2). Im Bereich der Substrate ist so in der Schichtebene ein zumindest weitgehend homogenes Feld zu erzeugen. Statt der Permanentmagnete lassen sich gegebenenfalls auch elektrische Magnetwicklungen vorsehen. Permanentmagnete wie Magnetwicklungen können auch ortsfest innerhalb oder außerhalb des Vakuumgehäuses 10, das vorzugsweise aus einem nicht-magnetischen Material besteht, angeordnet werden.

Für das erfindungsgemäße Verfahren ist es möglich, die Einwirkung des magnetischen Feldes zur Ausbildung der gewünschten uniaxialen Anisotropie nicht nur während der Herstellung der einzelnen Schichten, sondern stattdessen auch nach der Ausbildung des gesamten Vielschichtfilms vorzusehen.

Dabei ist es unerheblich, ob die Magnetfeldbehandlung innerhalb oder außerhalb der Vakuumkammer 10 erfolgt. Die Feldstärken an den Vielschichtfilmen sollten während der Nachbehandlung zwischen 10 mT und 1 T liegen. Auf alle Fälle muß gleichzeitig auch eine Temperaturbehandlung bei verhältnismäßig hoher Temperatur zwischen 300°C und 600°C über 1 bis 5 Stunden lang durchgeführt werden. Diese Temperaturbehandlung sollte unter Schutzgas oder im Vakuum geschehen, um so unerwünschte Oxidationsprozesse auszuschließen. Mit einer derartigen Nachbehandlung der Vielschichtfilme läßt sich ohne weiteres die gewünschte Ausbildung einer uniaxialen Anisotropie gewährleisten.

Patentansprüche

1. Ferromagnetischer Vielschichtfilm mit uniaxialer magnetischer Anisotropie, mit hoher magnetischer Sättigungsinduktion (B_s) sowie mit niedriger Magnetostriktion (λ_s), der als Mehrlagensystem alternierend aus dünnen ersten Schichten aus einer Nickel-Eisen-Legierung (NiFe-Legierung) und dünnen zweiten Schichten aus einem weiteren ferromagnetischen Material auf einem Substrat aufgebaut ist, wobei als Material der zweiten Schichten im wesentlichen Eisen (Fe) mit einem vorbestimmten Anteil einer Zusatzkomponente vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzkomponente des Fe-Materials der zweiten Schichten (6i) Kohlenstoff (C) oder Stickstoff (N) ist, das in den zweiten Schichten jeweils mit einem Anteil zwischen 0,01 Gew.-% und 1,5 Gew.-% vorhanden ist.
2. Vielschichtfilm nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für die ersten Schichten (5i) eine NiFe-Legierung mit einem Anteil der Fe-Komponente zwischen 5 und 20 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 10 und 18 Gew.-%, insbesondere von etwa 15,5 Gew.-% vorgesehen ist.
3. Vielschichtfilm nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Schichten (5i) jeweils eine Schichtdicke (d_1) zwischen 0,5 nm und

50 nm aufweisen.

4. Vielschichtfilm nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Schichten (6i) jeweils eine Schichtdicke (d_2) aufweisen, die mindestens gleich groß wie die Schichtdicke (d_1) einer jeweils benachbarten ersten Schicht (5i) ist.

5. Vielschichtfilm nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß für das Verhältnis V der Schichtdicke (d_2) einer zweiten Schicht (6i) zur Schichtdicke (d_1) einer ersten Schicht (5i) gilt: $1 \leq V \leq 10$, vorzugsweise $2 \leq V \leq 6$.

6. Vielschichtfilm nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß er auf einem Substrat (3) abgeschieden ist, das Titancarbid (TiC) zumindest als Hauptbestandteil enthält.

7. Verfahren zur Herstellung eines Vielschichtfilms nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die uniaxiale magnetische Anisotropie mittels eines magnetischen Gleichfeldes (B) eingeprägt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Gleichfeld das magnetische Erdfeld vorgesehen wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein äußeres Gleichfeld (B) vorgesehen wird, dessen magnetische Induktion zwischen der des magnetischen Erdfeldes und 1 Tesla liegt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Abscheidung der Schichten (5i, 6i) auf einem erwärmten Substrat (3, 3') vorgenommen wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (3, 3') auf eine Temperatur zwischen 40°C und 200°C erwärmt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß das äußere Gleichfeld während eines nachträglichen Temperns des Filmes (2) unter Schutzgas oder im Vakuum erzeugt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Tempern bei einer Temperatur zwischen 300°C und 600°C über 1 bis 5 Stunden lang durchgeführt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichten (5i, 6i) mittels einer physikalischen Abscheidetechnik auf dem Substrat (3, 3') aufgebracht werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß als physikalische Abscheidetechnik eine Ionenstrahld deposition oder ein Aufdampfen vorgesehen wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichten (5i, 6i) mittels einer Sputtertechnik abgeschieden werden.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß Argon (Ar) als Sputtergas vorgesehen wird, dem Stickstoff (N_2) oder Kohlenmonoxid (CO) oder Methan (CH_4) zugemischt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß dem Argon Stickstoff bis zu 10% des Gasflusses, vorzugsweise zwischen 0,5% und 4% zugemischt wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Innenraum (11) einer Sputtervorrichtung (8) ein Druck (p) zwischen 0,4 Pa und 2,7 Pa, vorzugsweise zwischen 0,8 Pa und 2,1 Pa eingestellt wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Abscheidung

der Schichten (5i, 6i) mittels einer Rf-Bias-Sputter-
technik zwischen einem auf Erdpotential befindli-
chen Vakuumgehäuse (10) einer entsprechenden
Sputtervorrichtung (8) und dem Substrat (3, 3') eine
negative Bias-Spannung ($-U_B$) zwischen -10 V 5
und -120 V , vorzugsweise zwischen -30 V und
 -60 V eingestellt wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

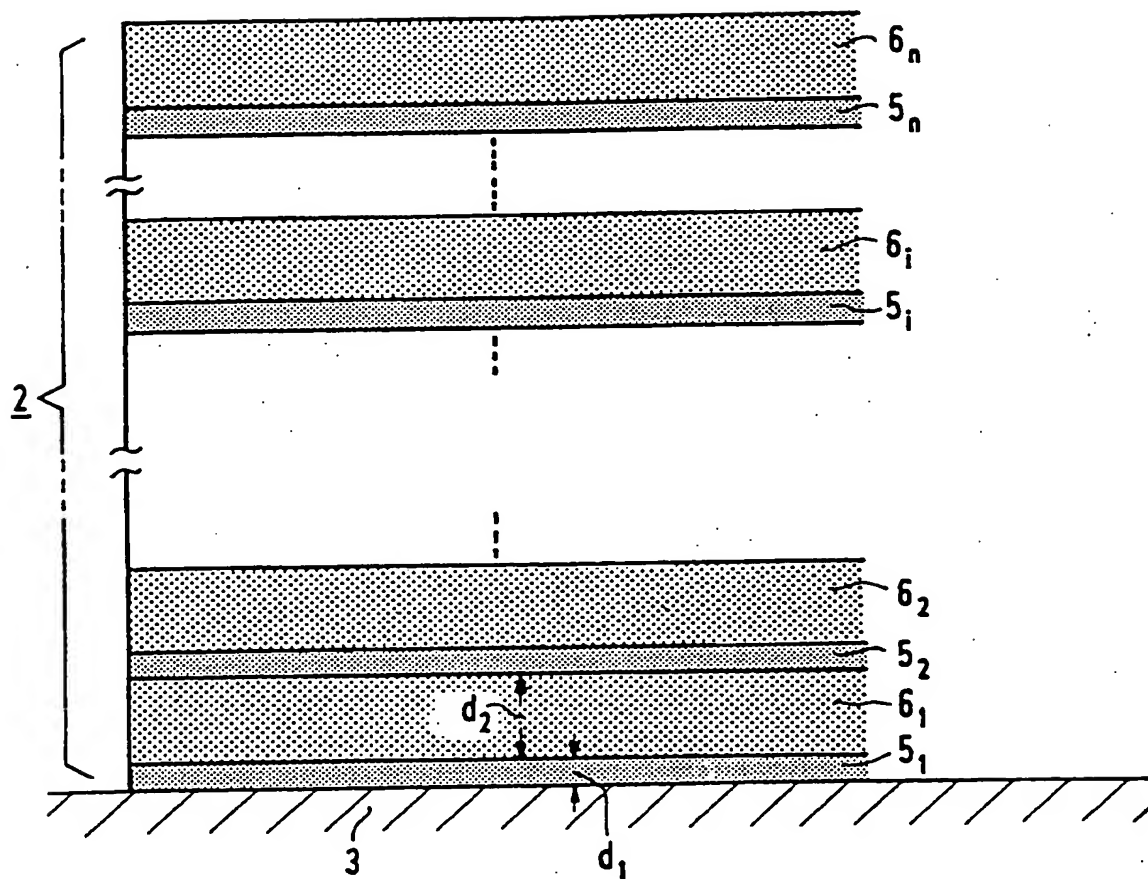


FIG 1

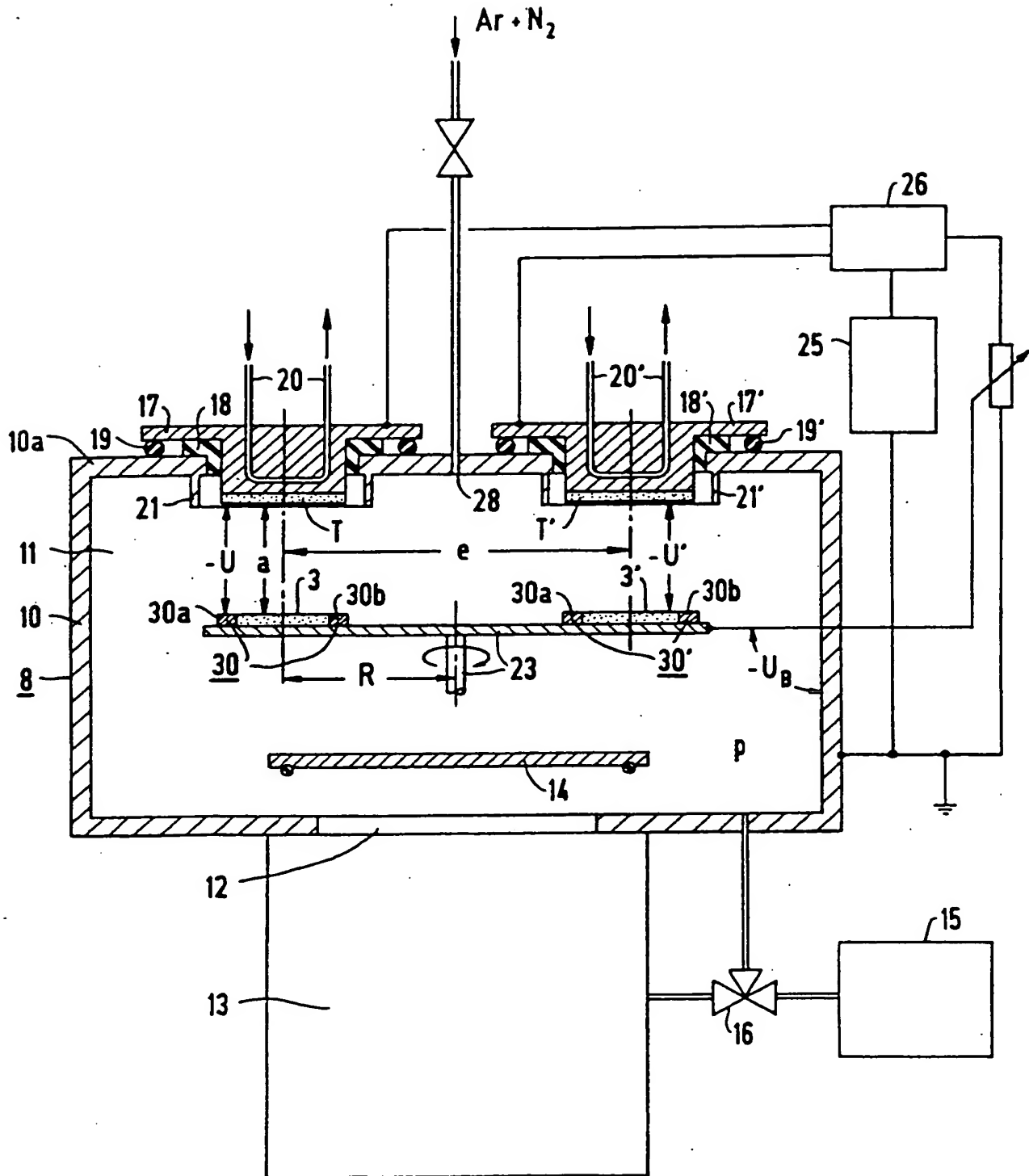


FIG 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.